

EL EXCESO DE DEMANDA DE PARQUEADEROS EN LA UNIVERSIDAD EAFIT:  
ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS SOBRE LA GESTIÓN DE LA DEMANDA

ALEJANDRO MORA MORA  
JUAN DAVID RAMÍREZ GALVIS

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE ECONOMÍA Y FINANZAS  
MEDELLÍN  
2015

## CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>                              | <b>3</b>  |
| <b>1.2. OBJETIVOS.....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>3. METODOLOGÍA Y DATOS .....</b>                                      | <b>10</b> |
| <b>3.1. DATOS.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>3.2. ESPECIFICACIÓN DE UN MODELO DE RESULTADO BINARIO .....</b>       | <b>11</b> |
| <b>3.3. MODELOS DE UTILIDAD ALEATORIA PARA DECISIÓN INDIVIDUAL .....</b> | <b>12</b> |
| <b>3.4. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES.....</b>                                | <b>13</b> |
| <b>4. RESULTADOS.....</b>  | <b>15</b> |
| <b>4.1. PRUEBAS DE ROBUSTEZ.....</b>                                     | <b>18</b> |
| <b>5. ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS.....</b>                                   | <b>23</b> |
| <b>5.1. ESTRATEGIA VÍA PRECIO.....</b>                                   | <b>23</b> |
| <b>5.2. ESTRATEGIA VÍA CANTIDAD.....</b>                                 | <b>24</b> |
| <b>5.3. ESTRATEGIA TEÓRICA DE APLICACIÓN TEORÍA DE JUEGOS .....</b>      | <b>25</b> |
| <b>6. CONCLUSIONES.....</b>  | <b>29</b> |
| <b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>  | <b>30</b> |
| <b>8. ANEXOS.....</b>  | <b>33</b> |

## 1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo estudia la demanda de parqueaderos de la Universidad EAFIT de acuerdo a la propiedad y uso realizado de un vehículo por los estudiantes, docentes y visitantes de la Universidad en condiciones de uso restringido como lo es la normatividad de pico y placa. Para esto se realiza una encuesta a los usuarios de parqueaderos en la Universidad y se modela la probabilidad de uso de parqueaderos, controlando por características cualitativas y cuantitativas.

El crecimiento del parque automotor en la ciudad ha resultado en que existe un constante desequilibrio entre la oferta y demanda en el uso de los espacios de parqueo, especialmente en sitios que concentran muchas personas. Para disminuir este exceso de demanda de parqueaderos se han implementado políticas como pico y placa durante todo el día para parqueo, uso de parquímetros y restricciones de tiempo de parqueo, entre otros. Sin embargo, todas estas estrategias están basadas en la regulación ya sea por precio o por cantidad, y poco se ha avanzado en la ciudad en propuestas basadas en incentivos o soluciones de mercado que mejoren la gestión de la demanda de parqueaderos y se excluyen estrategias sobre la oferta, ya que esta es completamente rígida en el corto plazo.

El trabajo presenta una solución de mercado que permite disminuir la demanda de parqueaderos, bajo el supuesto que la oferta es fija en el corto plazo. Para esto se presenta un análisis del problema de mercado desde la teoría económica y se realiza un análisis empírico usando resultados de una encuesta a los usuarios de los espacios destinados para parqueo al interior de la Universidad EAFIT. Los análisis muestran evidencia fuerte que el mecanismo apropiado para tratar el exceso de demanda debe concentrarse en aquellos usuarios que efectivamente poseen más de un vehículo y son indiferentes a las medidas restrictivas para el uso del espacio. Como herramienta de modelación, el trabajo hace uso de modelos de regresión que permiten entender los determinantes de la demanda.

## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Medellín como en muchas ciudades de Latinoamérica el crecimiento del parque automotor se mantiene al alza. Según cifras del informe MEDELLÍN COMO VAMOS (2014) entre los años 2013 y 2014, en Medellín, el parque automotor se incrementó en un 4.5%. El 2014 fue el año record en ventas de toda la historia automotriz de Colombia, solo en Medellín se especula de una cifra cercana a un vehículo por cada dos habitantes en el sector de El Poblado<sup>1</sup>. Ese crecimiento surge de diferentes causas, como un mayor acceso al automóvil —al elevarse el poder adquisitivo de los hogares de ingresos medios—, mayor acceso al crédito, reducción de los precios de venta y mayor oferta de autos usados como resultado de los tratados de libre comercio, menos habitantes por hogar y escasa aplicación de políticas estructuradas en el transporte público. Adicionalmente, otras políticas como la de pico y placa que en principio buscaba reducir el uso del carro en horas de mucha congestión, ha tenido efectos adversos resultando en el aumento en el número de autos por hogar en las familias de altos ingresos. Como consecuencia, se tiene más carros, que transportan pocas personas, creando congestión en las vías y poca efectividad del servicio de transporte público.

Uno de los indicadores que manifiesta explícitamente el uso ineficiente del carro particular en Medellín, es la mala distribución de usuarios por vehículo, que según cifras de URBAM (EAFIT 2015) es de 1.4 personas por vehículo, un gran desperdicio, teniendo en cuenta que en Medellín se movilizan vehículos particulares con capacidad hasta de 7 ocupantes, como las camionetas.

En la universidad EAFIT, una clara consecuencia derivada por el uso desproporcionado del transporte particular en Medellín, son las largas filas y extensos tiempos de espera para ingresar al parqueadero, debido a la escasez de celdas disponibles para estacionar. Esta situación plantea un problema de interés local, pero que no es exclusivo de la Universidad EAFIT, ya que se presenta en una gran cantidad de sitios, dadas las altas concentraciones de la población en ciertos lugares durante ciertas horas del día.

---

<sup>1</sup> Informe realizado por José Fernando Jiménez de Facultad de Minas Universidad Nacional en que discutía el desmejoramiento de la calidad del aire en Medellín durante el último año.

La universidad tiene un registro de 18.000 ingresos diarios de individuos de lunes a viernes, de los cuales cerca de 3.600 registros corresponden a ingresos de vehículos a los parqueaderos. Sin embargo, el departamento de planta física de la universidad estima que un 37% de registros son dobles, ósea los que ingresan dos o más veces en un día, por lo que el ingreso promedio diario se ubicaría alrededor de los 13.000<sup>2</sup>. La universidad EAFIT cuenta con 1038 celdas de parqueo para distribuir entre sus usuarios, lo que a simple vista es un desequilibrio en el mercado de parqueaderos, a pesar de que la universidad aplica discriminación vía cantidad (pico y placa) y vía precio, con la tarifa día de parqueadero para el año 2015, \$3.500 para los usuarios del campus las vegas y \$2.500 para Los Guayabos, ubicado a 120 metros de la universidad.

Como cualquier sistema de parqueadero, los usuarios no llegan siempre al mismo tiempo a ocupar las celdas de parqueo, así que, para facilitar el análisis, se asume que la demanda efectiva de parqueaderos sería de aproximadamente 1750<sup>3</sup> usuarios diarios, lo que excede en un 68% la capacidad instalada de los parqueaderos, siendo las horas picos de demanda entre las 8:30am-9:30 am y entre las 5:00 pm-6:00 pm.

Aun cuando hay parqueaderos disponibles en el lote de Los Guayabos, para muchos usuarios este no es un sustituto perfecto. Incluso con una disminución de 30% en el precio para este parqueadero, hay congestión y largos tiempos de espera en los parqueaderos principales.

El desequilibrio entre oferta y demanda crea congestión en los ingresos a los parqueaderos del campus principal, lo que representa un costo de oportunidad en tiempo y dinero para los individuos, además de otras consecuencias conocidas de la congestión, como un mayor nivel de contaminación.

La asignación ineficiente de parqueaderos se explica porque es un mercado que presenta fallas de mercado como:

- a. Monopolio: La universidad actúa como el único proveedor del servicio de parqueadero en este escenario, puesto que, existen barreras a la entrada para cualquier

---

<sup>2</sup> Datos suministrados por el departamento de planta física de la universidad EAFIT, Agosto 2015.

<sup>3</sup> De los 3.600 registros se resta el 37% de registros dobles menos un 13% que corrige los tiempos de llegada sincrónicos.

competidor y no hay sustitutos perfectos, ya que los parqueaderos cercanos tienen un costo significativamente más alto y el tiempo en desplazamiento a pie resta utilidad. Como en cualquier monopolio la cantidad ofertada es menor a la que se daría en condiciones de mercados en competencia perfecta.

- b. Externalidades: producidas por cada usuario adicional que va en carro a la universidad, cada uno resta un espacio de parqueo y simétricamente aumenta el tiempo de espera por una celda disponible, lo cual se plantea como un costo de oportunidad que representa una pérdida al resto de los usuarios. Como hay una restricción en el precio por debajo del precio de equilibrio, entonces no se internalizan los costos del parqueadero, resultando en mayor demanda.
- c. Asimetría de información: los usuarios no conocen exactamente cuántas celdas de parqueaderos hay disponibles y no conocen el tiempo de espera. Si tuvieran la información de los tiempos de espera, estos tendrían decisiones óptimas sobre usar o no usar el carro para ir a la Universidad y así mejorar su bienestar.

Diversos economistas del mundo han planteado iniciativas para aliviar la congestión en las ciudades, a través de estrategias sobre la demanda ¿Es posible determinar los factores que motivan a un individuo viajar o no en su auto? ¿Es la universidad EAFIT un escenario propicio para la aplicación de una estrategia de bajo costo que contrarreste el exceso de demanda de parqueaderos en el corto plazo? ¿Actualmente funcionan las estrategias como el no parqueo en pico y placa?

Los problemas de congestión vehicular generalmente son corregidos con soluciones de infraestructura, generalmente se interviene la oferta, esto es, más vías, más celdas de estacionamiento, más espacio. Pero, autores como Mendieta (2008), cuestionan los estímulos a la oferta y plantean diferentes escenarios en los cuales teóricamente es menos costoso y más pertinente, diseñar políticas públicas que intervienen la demanda.

Recientemente el economista Hall (2013), doctor en teoría de juegos, sustentaba en ANDICOM<sup>4</sup>, que un porcentaje importante de coincidencias en los trayectos de las personas entre zonas residenciales y zonas de oficinas durante horas pico, generaba un escenario

---

<sup>4</sup> ANDICOM es el principal y más grande evento TIC en Colombia que tiene como objetivo conectar a la oferta y la demanda.

propicio para la aplicación de estrategias basadas en la cooperación entre usuarios, como la estrategia del carro compartido. Ciudades como Nueva York y Los Ángeles llegan hasta a un 90% de coincidencia en los trayectos regulares. *“Colombia debe romper con los mitos del viaje solitario y apostarle al carro compartido como una de las formas más eficientes de ahorrar contaminación, reducir el flujo vehicular en horas pico, desatar los nudos gordianos en puntos de congestión y disminuir la inversión de los recursos públicos que los gobiernos locales utilizan para dar soluciones provisionales a los problemas de movilidad.”*

Otros autores han mostrado que si cada persona no actúa de forma no egoísta todos los jugadores podrían estar mejor, sugiriendo que la cooperación entre jugadores puede ser la solución a problemas de tráfico o exceso de demanda de parqueaderos. Wardrop (1952), Rosenthal (1973) y Van Vugt et al. (1995) presentan un concepto de competencia entre viajeros en un camino limitado en espacio; cada jugador prefiere tener mucho espacio para su propio uso, y la entrada de un nuevo usuario reduce la utilidad de cada uno. Así una redistribución de los usuarios en sus vehículos particulares puede aumentar la eficiencia del transporte particular en este escenario.

Para el caso objeto de estudio, además del análisis econométrico basado en la teoría de utilidades aleatorias (Greene, 2003) el trabajo aporta el diseño de un juego teóricamente justificado, que permite analizar el comportamiento de los individuos a nivel teórico explicando los factores que llevan a una cooperación efectiva entre jugadores.

## **1.2. OBJETIVOS**

- **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar desde un enfoque microeconómico descriptivo, el efecto de las medidas para mitigar la congestión en los parqueaderos de la universidad para determinar su nivel de eficacia y diseñar alternativas que permitan corregir las posibles fallas de mercado en el mercado de parqueaderos.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Identificar los fundamentos teóricos y prácticos para el análisis de la congestión vehicular con base en teoría de juegos.
- Realizar un diagnóstico de las características de los usuarios de los parqueaderos mediante la aplicación de un modelo PROBIT que permita hallar similitudes en los orígenes, rutas y características de los usuarios.
- Analizar con fundamentos microeconómicos, diferentes alternativas para mejorar la congestión vehicular en la universidad.

## **2. MARCO TEÓRICO**

Basados en los modelo de microeconomía, varios autores han estudiado diversos problemas sobre el transporte público y particular. Hasta el momento en Colombia existen pocos estudios y literatura sobre los lineamientos teóricos de la economía del transporte, algunos trabajos por Perdomo y Ramírez (2011), Mendieta y Perdomo (2008). No obstante, internacionalmente se encuentran varias investigaciones teóricas y empíricas en países desarrollados Verhoef et al. (1995), Shoup (1997), Cowan (2002), Anderson y Palma (2004), Combes et al. (2005) y De Boger et al. (2008).

Los trabajos identificados de distintos autores en al ámbito nacional e internacional son importantes por las metodologías empleadas y por los resultados principalmente sobre las estimaciones de costos de transporte. Entre los más destacados se encuentran los que se enfocan en estimaciones tarifarias y análisis de demanda de parqueadero usando preferencias declaradas, disponibilidad a pagar y modelos de utilidad aleatoria. Igualmente, algunos estudios hacen evidente el problema de uso del suelo y el funcionamiento de los parqueaderos, concluyendo que es un problema de política de transporte.

Varian (1999) analiza una función de utilidad en un modelo de aplicación de la economía del transporte, en el que el consumidor decide utilizar su automóvil o el autobús dependiendo el tiempo del recorrido, tiempo de espera, costo y comodidad. Su función de utilidad se basa en el tiempo total que se tarda un usuario en llegar caminando hasta la parada del autobús o



hasta el automóvil y en volver, tiempo total de recorrido en minutos y el costo total del recorrido medido en minutos. El resultado principal de este modelo es que el consumidor estaría dispuesto a tardar tres minutos más en hacer el recorrido en automóvil que ahorrar un minuto de desplazamiento a pie. Estos resultados evidencian las preferencias de los individuos con respecto al uso de transporte público vs. privado.

Basados en esta evidencia puede darse también una explicación al comportamiento de los consumidores de parqueaderos en EAFIT y el incremento del uso de vehículos particulares, ya que la observación indica que un consumidor de parqueaderos de la universidad EAFIT está dispuesto a demorarse más si utiliza el vehículo particular que un medio de transporte público, debido que en su función de utilidad pesan más factores como la comodidad que el tiempo de espera para parqueo. Esto se evidencia también en el poco uso del parqueadero “Los Guayabos”, el cual no tiene exceso de demanda aun cuando el costo del parqueadero es más bajo y el tiempo de acceso a la Universidad es mucho menor al tiempo de espera de los parqueaderos del campus. De esta manera cabe resaltar un análisis realizado por Sarmiento (2012) quién asegura que todas las medidas y políticas se deben enfocar hacia el transporte público, de tal manera se debiera de crear carriles exclusivos de tránsito rápido o tranvías, del mismo modo se debe dinamizar la movilidad en la ciudad cambiando el pico y placa por un alza en los precios generalizado en todos de los parqueaderos de la ciudad, además de la generación de cobros electrónicos por congestión en las zonas con más alto tráfico vehicular de la ciudad.

Por su parte Nicholson y Snyder (2010) proponen un modelo teórico enfocado en las externalidades del uso de transporte privado, donde plantean que los altos costos marginales asociados a agregar un automóvil en la vía ya congestionada no los experimenta directamente el usuario que conduce ese vehículo. En cambio su decisión de incorporarse a la autopista impone costos a todos los demás usuarios de la vía, es ahí donde ocurre una divergencia entre los costos privados que intervienen en la decisión de un conductor de usar la vía y los costos sociales totales que esta decisión conlleva. Los autores proponen analizar el cobro por congestión y establecer un pago por los derechos de tránsito que reflejen con precisión los costos sociales de los usuarios.

Un estudio realizado por Pérez y Ramos (2007) sobre la oferta y la demanda de parqueaderos en el centro histórico de la ciudad de Cartagena en el cual utilizan la teoría de “Colas” de Agner Krarup Erlang (1909) para dar una explicación más técnica al problema de demanda de parqueaderos. Esta teoría tiene dos componentes básicos: la cola la cual consiste en el costo de espera, y la instalación del servicio el cual es el costo cuando se recibe y hace uso del servicio. El uso de esta teoría permite medir los factores tiempo y precio para los consumidores de parqueadero en la universidad EAFIT, es decir, el tiempo en cola para entrar a parquear o tiempo de espera en la fila, y el precio o costo por utilizar este parqueadero.

En cuanto a evidencia empírica se destaca el estudio de Train (1980), quien aplica un modelo multinomial de elección discreta con el propósito de encontrar los factores determinantes del uso y la posesión de vehículos en la ciudad de San Francisco. Los resultados encontrados señalaron la efectividad de medidas tales como aumentar el cobro de peajes y la duración del desplazamiento para disuadir a los individuos de poseer un auto. Matzkin (1992) por su parte desarrolla un conjunto de especificaciones para la modelación de situaciones que se adaptan a los modelos de decisión discreta y a los modelos de decisión binaria encontrando una metodología general para la implementación de estimaciones no paramétricas.

Otros estudios han analizado el problema de transporte desde la teoría de juegos, asumiendo que en este mercado las decisiones no son perfectamente individuales, sino que dependen de las decisiones de los demás, es decir que el proceso de decisión es colectivo. Teniendo claro el problema y el mecanismo de cooperación entre usuarios en la toma de decisiones, se puede indagar acerca de la maximización de la utilidad de cada jugador cuando decide en cooperar o no cooperar en determinado juego o escenario.

De la teoría de juegos cooperativos para optimizar la utilidad de todos los jugadores también se desprende la teoría de los juegos no cooperativos (NCGT) por sus siglas en inglés Non-Cooperative Game Theory. Este tipo de modelo trabajado por Hollander et al. (2006) en el cual presenta puntos de vista sobre las relaciones entre los modelos de transporte y la teoría de juegos. En la revisión de varios modelos los autores destacan un juego entre viajeros y autoridad en el que cada uno trata de actuar según un modelo de Stackelberg como líderes llegando así a un no equilibrio. Por tanto la mayoría de los juegos entre los viajeros y las autoridades son diferentes de los juegos cooperativos en dos maneras. En primer lugar, estos

son juegos Stackelberg, donde la elección no es simultánea. Las autoridades, que son primero para elegir, basan su decisión sobre la predicha reacción de los viajeros. En segundo lugar, el jugador contra la autoridad es un cuerpo compuesto que se compone de todos los viajeros a la espera de la decisión de la autoridad.

Cuando más de un conductor opta por salir en el mismo período, se produce la congestión y uno de los conductores va a llegar al destino más tarde de lo deseado. Los cambios en la estrategia de equilibrio, tras la introducción de la tarifa de congestión, se analizan bajo diferentes valores de entrada de las valoraciones de la precocidad, la tardanza de los jugadores y demora.

Este estudio propone un juego teórico usando los resultados obtenidos a partir de las encuestas; con el cual se espera, junto con las modelaciones econométricas, plantear una posible solución al mercado de parqueaderos en la universidad EAFIT.

### **3. METODOLOGÍA Y DATOS**

Para la modelación empírica se utilizan modelos econométricos de decisión discreta para analizar la elección por parte de individuos de usar un automóvil para llegar a la universidad y la decisión de usar automóvil aun cuando está en vigencia la medida restrictiva de pico y placa.

El enfoque para analizar la situación problema es el de modelar probabilidades que nos permitan hacer afirmaciones sobre la ocurrencia de los eventos descritos, es decir, resultados discretos de decisiones racionales y de comportamiento.

La herramienta básica que permite pasar del análisis teórico de una función de utilidad para los usuarios del parqueadero a una representación matemática tangible es lo que se define como función de utilidad aleatoria que determinará las decisiones de los individuos al interior del modelo. Así, los individuos se enfrentan a un conjunto de decisiones y revelan sus preferencias implícitas a través de las elecciones que hacen. Estas decisiones desde el punto de vista econométrico son explicadas por variables observables y por características no observables del individuo.

### 3.1. DATOS

Para obtener la información necesaria sobre algunas características de los usuarios de los parqueaderos, se recopiló información de 250 usuarios de los parqueaderos de la Universidad EAFIT, con un método de recolección por intercepción aleatorio simple; este muestreo se llevó a cabo presencialmente, con cuestionario físico, entre el 29 de septiembre y el 6 de Octubre de 2015, en los horarios de 09:00 a 19:00 de Lunes a Viernes, en las entradas a los parqueaderos de carros Sur y Norte del campus principal. Se obtuvo información sobre orígenes, rutas, tiempos de viaje, tiempos de espera, vehículos por hogar, entre otras.

La obtención de la muestra estadísticamente significativa (n), se obtuvo de la siguiente formula

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

donde:

- N = El tamaño de la población total, en este caso, los usuarios de los parqueaderos de la universidad: 1750
- $Z^2 = 1.96^2$ , ya que se usó un intervalo de confianza del 95%
- p = proporción esperada (en este caso 0.5)
- q = 1-p (en este caso 1-0.5 = 0.5)
- d = margen error, en este caso se estimó en un 6%

Los cálculos sugieren seleccionar una muestra de 232 individuos que utilizan el parqueadero diariamente. Esta metodología fue seleccionada primero por costos de aplicación y segundo porque aseguraba encuestar únicamente los usuarios de los parqueaderos que estaban haciendo la fila para ingresar a la universidad EAFIT, en carro particular.

### 3.2. ESPECIFICACIÓN DE UN MODELO DE RESULTADO BINARIO

Con el propósito de estudiar el comportamiento individual y teniendo en cuenta las variables utilizadas por Matzkin (1992) nuestro principal modelo y su especificación relacionarán las

decisiones individuales a un conjunto de factores, basándonos en la estructura general de los modelos de probabilidad:

$$Prob(evento\ j\ ocurre) = Prob(Y = j) = F[efectos\ relevantes, parametros]$$

En el caso específico de este trabajo:

$$\begin{aligned} Prob(una\ persona\ trae\ su\ carro) &= Prob(Y = 1) \\ &= F[efectos\ relevantes, parametros] \end{aligned}$$

Que describe el proceso de elección entre dos alternativas, usar automóvil o no, en presencia del pico y placa considerando que la elección tomada es influenciada por efectos observables y aspectos no observables de las preferencias individuales.

### 3.3. MODELOS DE UTILIDAD ALEATORIA PARA DECISIÓN INDIVIDUAL

Sean  $U_a$  y  $U_b$  la representación de las utilidades que percibe un individuo entre dos opciones, en este caso usar o no su vehículo, la decisión observada entre estas revelará cual le genera mayor utilidad, pero no su nivel de utilidad ya que es no observable. Es decir, podremos saber cuál es más deseable entre las opciones, pero no su nivel de utilidad.

Así, el indicador será 1 si  $U_a > U_b$ , y 0 si  $U_a \leq U_b$ .

$$U_a = w' \beta_a + z_a' \gamma_a + \varepsilon_a \quad \text{y} \quad U_b = w' \beta_b + z_b' \gamma_b + \varepsilon_b.$$

En las ecuaciones anteriores el vector de características observables del individuo es denotado por  $w$ , los vectores  $z_a$  y  $z_b$  denotan características o atributos propios de cada opción. Finalmente, los términos de perturbación  $\varepsilon_a$  y  $\varepsilon_b$  representan los elementos estocásticos que son específicos y conocidos solo por el individuo pero no por el analista, que pueden ser interpretados como una preferencia intangible hacia la opción que se analiza. Si denotamos  $Y=1$  la elección por parte del individuo de la opción a, se puede inferir que

$Y = 1$  implica  $U_a > U_b$  debido a que este resultado es obtenido gracias a los elementos aleatorios en las funciones de utilidad, así tenemos:

$$\begin{aligned}
\text{Prob}[Y = 1 | w, z_a, z_b] &= \text{Prob}[U_a > U_b] \\
&= \text{Prob}[(w\beta_a + z_a\gamma_a + \varepsilon_a) - (x\beta_b + z_b\gamma_b + \varepsilon_b) > 0 | w, z_a, z_b] \\
&= \text{Prob}[(w(\beta_a - \beta_b) + z_a\gamma_a - z_b\gamma_b + \varepsilon_a - \varepsilon_b) > 0 | w, z_a, z_b] \\
&= \text{Prob}[x'\beta + \varepsilon > 0 | x],
\end{aligned}$$

donde  $x'\beta$  recoge todos los componentes observables de la diferencia de ambas funciones de utilidad y  $\varepsilon$  denota la diferencia entre ambos elementos aleatorios.

### 3.4. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

Las variables utilizadas para obtener los resultados derivan de una encuesta realizada a diferentes usuarios de los espacios de parqueo, la especificación del modelo sigue de forma cercana a las variables usadas por Train (1992) incluyendo no solo factores relevantes en la decisión de usar el auto sino también las preferencias implícitas en aquellas personas que respondieron las encuestas.

**Tiempo\_parqueo:** Esta variable mide el tiempo estimado por cada individuo para ingresar y parquear su auto en cualquiera de los parqueaderos de la universidad. Es una variable continua medida en minutos. Esta variable se introduce con el propósito de analizar los efectos sobre la función de utilidad aleatoria causados por un mayor costo en términos de tiempo, se espera que a mayor tiempo dedicado a esta actividad la utilidad percibida por el individuo que hace uso del automóvil baje.

**Tiempo\_viaje:** Muestra el tiempo contado en minutos requerido para desplazarse desde la residencia del individuo hasta la universidad sin incluir el tiempo de parqueo. A diferencia de la variable anterior, esta se usa con el propósito de ver como una mayor distancia al punto de llegada en términos de tiempo puede influenciar la utilidad percibida al hacer uso del automóvil.

**Partners:** Número de personas que viajan en el vehículo.

**Carros\_hogar:** Número de carros que posee el hogar del encuestado. La relevancia de esta variable se sustenta en el hecho de que disponer de otro carro en el hogar hace que el carro secundario sea usado como un bien sustitutivo del carro principal. Se espera que el carro secundario sea preferido en los días de restricción de pico y placa ya que el costo relativo de usarlo es menor y este no tiene la medida restrictiva del PyP.

**Estudiante:** Variable categórica que indica si el encuestado es o no un estudiante.

**Profesor:** Variable categórica que indica si el encuestado es o no un profesor.

**Otro\_carro:** Indica si el encuestado posee más de un auto. La relevancia de esta variable al igual que **Carros\_hogar** se sustenta en el hecho de que poseer otro vehículo hace que el carro secundario sea usado como un bien sustitutivo del carro principal. Se espera que el carro secundario sea preferido cuando el PyP esté activo ya que el costo relativo de usarlo es menor.<sup>5</sup>

**Público\_bueno:** Es una variable categórica que indica si el encuestado considera bueno o no al sistema de transporte público de la ciudad. Se usa en la modelación para intentar introducir los posibles efectos de un bien sustituto en las funciones de utilidad aleatorias.

**Pagar\_park\_pyp:** Es una variable categórica que indica si la persona estaría dispuesta a pagar un precio mayor por el uso del parqueadero mientras está en vigencia la medida de pico y placa en la ciudad.

---

<sup>5</sup> ¿Por qué utilizar *otro\_carro* y *carros\_hogar* en la misma estimación? Aunque estas variables acarreen un posible riesgo de multicolinealidad se incorporan al modelo debido a la justificación microeconómica de cada una. Ambas miden la existencia de un bien sustituto (un segundo auto o incluso más que pueden ser usados en presencia de pico y placa).

La variable *otro\_carro* indica que el individuo tiene a su disposición un carro propio el cual no debe compartir (este auto puede ser usado por el individuo cuando él quiera) mientras que *carros\_hogar* indica la presencia de más autos que pueden ser usados por diferentes miembros de la familia (no necesariamente el individuo puede hacer uso de ellos).

Los resultados del modelo sugieren que en este caso la justificación teórica de incluir ambas variables es relevante ya que si existiese presencia de multicolinealidad las varianzas y covarianzas presentarían valores elevados que derivarían en que la razón *t* de uno o ambos coeficientes no sería estadísticamente significativo. Sin embargo, el modelo no muestra evidencia de esta problemática.

Tabla No. 1: Estadísticas descriptivas del modelo

De las principales conclusiones que se obtienen de la tabla descriptiva, vale la pena resaltar que según el grupo de personas encuestadas, tardan más su tiempo de espera para parquear (24 minutos aproximadamente) que el tiempo de recorrido de su viaje para llegar hasta la universidad (18 minutos aproximadamente), del mismo modo llama la atención el promedio de carros por hogar que en este caso es de 2.44 y finalmente los días que un usuario hace uso de su vehículo en promedio que para este caso fue de 3 días aproximadamente, lo que indica a que estos usuarios tienen una propensión mayor a traer su vehículo bajo la restricción del PyP.

| VARIABLES      | Descripción   | Media  | Desv. Estándar | Min | Max |
|----------------|---|--------|----------------|-----|-----|
| estudiante     | Indica si el individuo es un estudiante                                       | 0,856  | 0,351          | 0   | 1   |
| profesor       | Indica si el individuo es un profesor   | 0,068  | 0,252          | 0   | 1   |
| tiempo_viaje   | Tiempo requerido por el individuo para llegar a la universidad desde su hogar | 19,72  | 11,91          | 2   | 90  |
| tiempo_parqueo | Tiempo requerido por el individuo para ingresar a la universidad en su auto   | 24,288 | 10,73          | 2   | 50  |
| otro_carro     | Indica si el individuo posee otro auto propio                                 | 0,38   | 0,486          | 0   | 1   |
| publico_bueno  | El individuo considera bueno al transporte                                    | 0,5    | 0,5            | 0   | 1   |
| pagar_park_pyp | El individuo está dispuesto a pagar mas por usar los espacios en pico y placa | 0,468  | 0,49           | 0   | 1   |
| carros_hogar   | Número de autos en el hogar del individuo que no son de su propiedad          | 2,44   | 1,19           | 0   | 6   |
| dias uso carro | Número de días que el individuo usa su auto                                   | 2,96   | 1,45           | 0   | 5   |
| partners       | Número de compañeros de viaje del individuo                                   | 0,224  | 0,52           | 0   | 2   |

Fuente: Elaboración propia con los datos recogidos de la encuesta.

#### 4. RESULTADOS

Al estimar las diferentes especificaciones del modelo probabilístico para las variables explicativas se encuentran que las variables más importantes para el objeto del estudio que son tener otro carro, la percepción del transporte público buena, disposición a pagar más por



parquear en pico y placa y tener más carros en el hogar todas fueron estadísticamente significativas. De tal modo los resultados fueron los siguientes:

Tabla No, 2: Especificaciones del modelo probabilístico

| VARIABLES                      | (1)<br>carro_pyp     | (2)<br>carro_pyp     | (3)<br>carro_pyp     |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| estudiante                     | 1.216***<br>(0.380)  | 1.159***<br>(0.380)  | 1.156***<br>(0.381)  |
| tiempo_viaje                   |                      | 0.00499<br>(0.00761) |                      |
| tiempo_parqueo                 |                      | -0.0135<br>(0.00919) | -0.0135<br>(0.00916) |
| otro_carro                     | 0.984***<br>(0.203)  | 0.964***<br>(0.204)  | 0.959***<br>(0.203)  |
| publico_bueno                  | -0.445**<br>(0.198)  | -0.444**<br>(0.199)  | -0.453**<br>(0.198)  |
| pagar_park_pyp                 | 1.081***<br>(0.203)  | 1.046***<br>(0.206)  | 1.040***<br>(0.205)  |
| carros_hogar                   | 0.209**<br>(0.0811)  | 0.233***<br>(0.0828) | 0.229***<br>(0.0826) |
| Constant                       | -2.810***<br>(0.461) | -2.565***<br>(0.551) | -2.443***<br>(0.518) |
| Observations                   | 250                  | 250                  | 250                  |
| Standard errors in parentheses |                      |                      |                      |
| *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1 |                      |                      |                      |

Fuente: Elaboración propia utilizando la base de datos de la encuesta.

Las variables explicativas son en su mayoría estadísticamente significativas a excepción de los tiempos de parqueo y de viaje a la hora de predecir la decisión que toma un individuo de usar su auto mientras está en vigencia la medida del pico y placa. La tabla No. 3 muestra en detalle los efectos marginales de las variables explicativas de la primera especificación.

Tabla 3: Efectos marginales de los modelos probabilísticos

|                                | (1)                   | (2)                   | (3)                   |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| VARIABLES                      | carro_pyp             | carro_pyp             | carro_pyp             |
| estudiante                     | 0.277***<br>(0.0547)  | 0.278***<br>(0.0551)  | 0.285***<br>(0.0521)  |
| tiempo_viaje                   | 0.00166<br>(0.00253)  |                       |                       |
| tiempo_parqueo                 | -0.00449<br>(0.00308) | -0.00450<br>(0.00308) |                       |
| otro_carro                     | 0.332***<br>(0.0689)  | 0.331***<br>(0.0689)  | 0.339***<br>(0.0681)  |
| publico_bueno                  | -0.147**<br>(0.0656)  | -0.150**<br>(0.0654)  | -0.147**<br>(0.0648)  |
| pagar_park_pyp                 | 0.345***<br>(0.0641)  | 0.344***<br>(0.0641)  | 0.355***<br>(0.0628)  |
| carros_hogar                   | 0.0776***<br>(0.0275) | 0.0767***<br>(0.0275) | 0.0694***<br>(0.0269) |
| Observations                   | 250                   | 250                   | 250                   |
| Standard errors in parentheses |                       |                       |                       |
| *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1 |                       |                       |                       |

Fuente: Elaboración propia utilizando la base de datos de la encuesta.

Los efectos marginales calculados para las diferentes especificaciones del modelo probabilístico muestran:

- Ser estudiante tiene un efecto positivo y significativo sobre la probabilidad de hacer uso del automóvil, es decir ser estudiante aumenta la probabilidad de llevar el carro en pico y placa en un 27.7 %.
- Ser dueño de más de un auto tiene un efecto positivo y significativo aumentando en 33.2% la probabilidad de hacer uso del automóvil y por ende del parqueadero aun en vigencia del pico y placa.
- Una percepción positiva del transporte público en la ciudad disminuye en un 14.7% la probabilidad de hacer uso del automóvil y por ende del parqueadero aun en vigencia del pico y placa.

- Aquellas personas que están dispuestas a pagar más por el uso del parqueadero para evitar el pico y placa aumenta la probabilidad en un 34.5% de hacer uso de parqueadero cuando el pico y placa está en vigencia.
- Un individuo que proceda de un hogar con más autos aumentará en un 7.76% la probabilidad que se haga uso del parqueadero en vigencia del pico y placa.

#### 4.1. PRUEBAS DE ROBUSTEZ

Para probar la robustez de los resultados anteriores, comparamos nuestras especificaciones iniciales a diversas especificaciones econométricas de un modelo OLS cuya variable independiente representa el número de días que un individuo usa un automóvil para llegar a la universidad.

Tabla No. 4: Especificaciones de OLS

| VARIABLES      | dias_uso_carro        | dias_uso_carro         | dias_uso_carro        |
|----------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| tiempo_parqueo | -0.0145*<br>(0.00741) | -0.0146**<br>(0.00739) | -0.0137*<br>(0.00740) |
| tiempo_viaje   | 0.00208<br>(0.00663)  |                        |                       |
| partners       | -0.112<br>(0.152)     |                        |                       |
| carros_hogar   | 0.177**<br>(0.0700)   | 0.174**<br>(0.0697)    | 0.163**<br>(0.0698)   |
| estudiante     | 0.947***<br>(0.299)   | 0.944***<br>(0.298)    | 0.589***<br>(0.225)   |
| profesor       | 0.778*<br>(0.421)     | 0.759*<br>(0.419)      |                       |
| otro_carro     | 0.794***<br>(0.171)   | 0.809***<br>(0.169)    | 0.850***<br>(0.168)   |
| publico_bueno  | -0.487***<br>(0.163)  | -0.487***<br>(0.161)   | -0.453***<br>(0.160)  |
| pagar_park_pyp | 0.908***<br>(0.164)   | 0.903***<br>(0.163)    | 0.929***<br>(0.164)   |
| Constant       | 1.516***<br>(0.400)   | 1.543***<br>(0.365)    | 1.858***<br>(0.323)   |
| Observations   | 250                   | 250                    | 250                   |
| R-squared      | 0.308                 | 0.306                  | 0.296                 |

Standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Fuente: Elaboración propia utilizando la base de datos de la encuesta.

Al correr estas especificaciones se puede asegurar que los resultados obtenidos por el modelo principal no son causados por la elección de un modelo específico. Las principales

conclusiones de correr las diferentes especificaciones muestran que los niveles de significancia y los resultados obtenidos no difieren de la especificación principal. Así, usando un modelo probabilístico y uno de OLS encontramos que los resultados no son generados por una especificación econométrica particular.

Adicionalmente, luego de estimar el modelo probabilístico se calculan las probabilidades de que un determinado usuario lleve su carro estando en pico y placa a la universidad. En este sentido, a continuación se muestran resultados de probabilidades condicionadas por variable, y se realiza un test de medias en las probabilidades para corroborar que los individuos con una característica en particular sí tienen una probabilidad distinta de llevar el carro en pico y placa, y que estas probabilidades van acorde con el modelo estimado.

En primera instancia, la tabla a continuación muestra que la probabilidad de que un estudiante lleve el carro en pico y placa es mucho más alta a la probabilidad (38.1%) de que lo lleve otro individuo que no sea estudiante (7.8%), y la diferencia entre estos dos tipos de individuos es estadísticamente significativa, de acuerdo con los resultados arrojados por la prueba t - student para diferencias de medias.

Tabla No. 5: Test de medias Estudiante vs. No Estudiante

|  | No. Estudiante | Estudiante | Diferencia | se    |
|--|----------------|------------|------------|-------|
| Probabilidad de Llevar el Carro en PYP | 0.078          | 0.381      | -0.303***  | 0.046 |
| N                                      | 250            |            |            |       |

Fuente: Elaboración propia utilizando la base de datos de la encuesta.

Aquellos individuos que poseen otro vehículo tienen una probabilidad 32.5% mayor de llevar carro en pico y placa en comparación con los que tienen un solo vehículo. En este caso, la probabilidad de los primeros es del 53.9%, mientras que la probabilidad de llevar vehículo estando en pico y placa de alguien que no tiene a su disposición otro carro es del 21.4%. De nuevo, esta diferencia es estadísticamente significativa.

Tabla No. 6: Test de medias Tener otro carro vs. No tener otro carro

|  | No Tiene Otro Carro | Tiene Otro Carro | Diferencia | se    |
|--|---------------------|------------------|------------|-------|
| Probabilidad de Llevar el Carro en PYP | 0.214               | 0.539            | -0.325***  | 0.029 |
| <i>N</i>                               | 250                 |                  |            |       |

Fuente: Elaboración propia utilizando la base de datos de la encuesta.

En cuanto a la percepción del servicio público de transporte, aquellas personas que consideran que el transporte público no es bueno tienen una probabilidad del 37.8% de llevar vehículo a la universidad estando en pico y placa, mientras que aquellos que consideran que el transporte público es bueno tienen una probabilidad del 29.6%, esta diferencia es estadísticamente significativa.

Tabla No. 7: Percepción del transporte público buena vs. Percepción del transporte público mala

|  | No Público Bueno | Público Bueno | Diferencia | Se    |
|--|------------------|---------------|------------|-------|
| Probabilidad de Llevar el Carro en PYP | 0.378            | 0.296         | 0.081**    | 0.034 |
| <i>N</i>                               | 250              |               |            |       |

Fuente: Elaboración propia utilizando la base de datos de la encuesta.

Finalmente y como era de esperarse, aquellos individuos dispuestos a pagar más por usar el parqueadero cuando tienen pico y placa tienen una probabilidad 31.6% mayor de llevar carro en pico y placa en comparación con los que no (50.6% vs. 18.9%). Esta diferencia es también estadísticamente significativa.

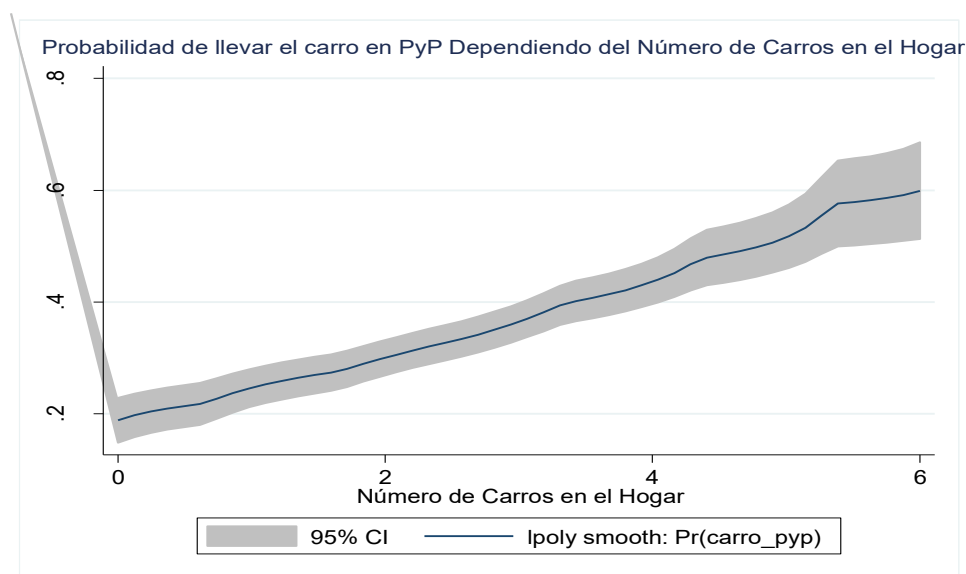
Tabla No. 8: Disposición a pagar más por parquear en PyP vs. No tener disposición a pagar

|  | No Pagar Park PyP | Pagar Park PyP | Diferencia | Se    |
|--|-------------------|----------------|------------|-------|
| Probabilidad de Llevar el Carro en PYP | 0.189             | 0.506          | -0.316***  | 0.029 |
| <i>N</i>                               | 250               |                |            |       |

Fuente: Elaboración propia utilizando la base de datos de la encuesta.

Adicionalmente, en los gráficos a continuación se analizan las probabilidades de llevar el carro en pico y placa para aquellas variables explicativas que no son dicotómicas, a través de “local polynomial regressions” (regresiones locales polinómicas). En primera instancia, el gráfico a continuación indica que la probabilidad de llevar carro en pico y placa es creciente con el número de vehículos en el hogar. La diferencia en probabilidades entre un hogar con 5 carros y un hogar con 1 carro es de alrededor de 40%.

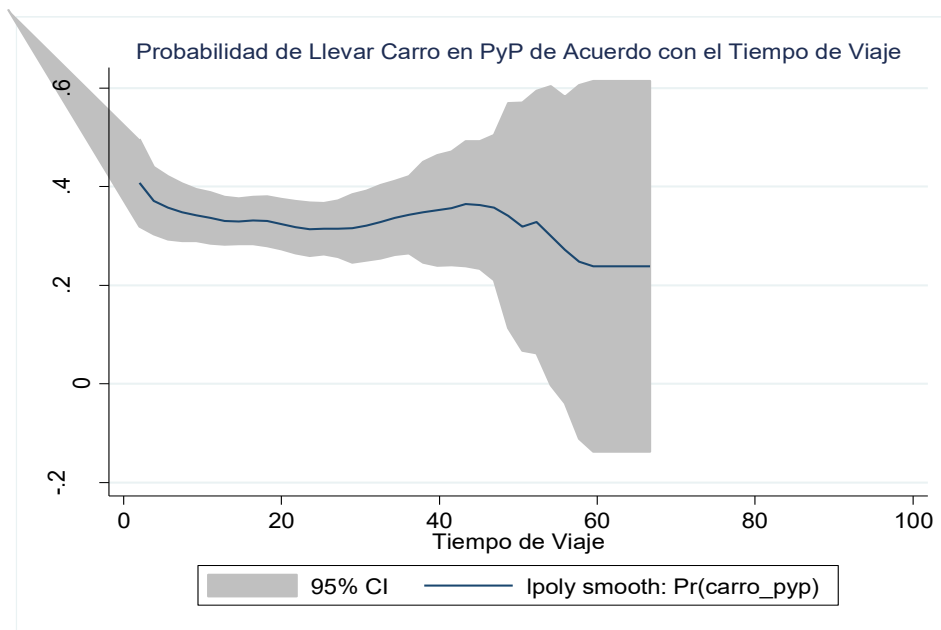
Gráfico No. 1: Probabilidad de llevar el carro en PyP por Número de carros por hogar



Fuente: Elaboración propia utilizando la base de datos de la encuesta.

En cuanto a tiempo de viaje, no parece encontrarse una tendencia muy clara, aunque en aquellos individuos cuyo tiempo de viaje es entre 40 y 60 minutos la probabilidad de llevar vehículo parece ser menor a la de los individuos que tardan menos en llevar a la universidad, aunque en este caso el intervalo de confianza del 95% es muy amplio, indicando que hay una varianza muy alta en el tramo entre 40 y 60 minutos.

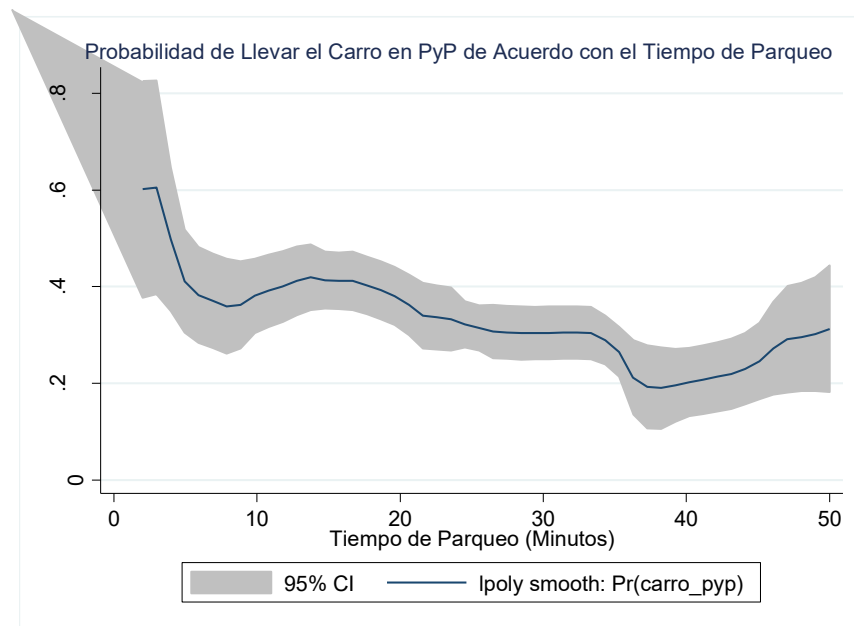
Gráfico No. 2: Probabilidad de llevar el carro en PyP por Tiempo de viaje



Fuente: Elaboración propia utilizando la base de datos de la encuesta.

Finalmente, hay una tendencia negativa en la probabilidad de llevar carro en pico y placa de acuerdo con el tiempo de parqueo.

Gráfico No. 3: Probabilidad de llevar el carro en PyP por Tiempo de parqueo



Fuente: Elaboración propia utilizando la base de datos de la encuesta.

## 5. ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS

De acuerdo a los resultados anteriores, se analizan diferentes estrategias de mercado para reducir el exceso de demanda en los parqueaderos de la universidad EAFIT. Así se presentan tres estrategias, una vía precio, otra vía cantidades y por último se presenta el diseño de un juego descriptivo. Algunas estrategias ya se han implementado en la universidad y se analizan para nuestro caso de estudio en particular.

### 5.1. ESTRATEGIA VÍA PRECIO

El desequilibrio entre oferta y demanda en el parqueadero de la universidad EAFIT podría ser confrontado vía precios, como lo plantea Shoup (1997), en el sentido de que un mayor precio puede desplazar la demanda hacia la izquierda y disminuir la congestión. Esta es una de las medidas más eficaces.

Teniendo en cuenta los sustitutos existentes para desplazarse hacia la universidad, el precio del día de parqueadero interno es drásticamente más bajo que el equivalente en los parqueaderos públicos aledaños; por otra parte, también es más asequible un día de parqueadero que viajar en taxi hacia la universidad, teniendo en cuenta que la carrera mínima en Medellín cuesta \$ 4.500, incluso si se compara con lo que cuesta un pasaje ida y vuelta en transporte público colectivo, \$ 3.600, así que el precio actual de los parqueaderos de la universidad está creando condiciones para incentivar el uso del transporte particular y no buscar un equilibrio, esta divergencia se puede ubicar en dos de los siguientes contextos:

- El primero, es que el precio óptimo sería relativamente alto si se quisiese alcanzar el equilibrio drásticamente. Esto justificado en el alto nivel socioeconómico de los usuarios de los parqueaderos y evidenciado en el aumento de precio que realizó la universidad para el año 2015, pues con un incremento en el precio cercano al 17% no representó ningún cambio relevante en el comportamiento de la demanda de parqueaderos, ya que en el año 2014 el promedio de ingresos diarios fue de 3480 y para este año se registra en promedio 3600 diarios. No fue posible estimar elasticidades, ya que no hay registro de información disponible para los años anteriores al 2014, pero la disposición a pagar un precio mayor por el uso de los espacios en los parqueaderos (como lo evidencia el efecto marginal de la variable



*pagar\_park\_pyp*) muestra evidencia de que la universidad se enfrenta a una demanda relativamente inelástica.

- El segundo es un factor institucional, pues la historia muestra que la política de la universidad está orientada a realizar discretos aumentos de precio cada 3 o 4 años, por lo que es difícil esperar un posible aumento brusco de precio con el propósito de alcanzar un equilibrio, además porque parte de los recursos provenientes del recaudo de parqueaderos van dirigidos a financiar los grupos estudiantiles y algunos programas de becas, hay que tener en cuenta que aumentando el precio del parqueadero se podría tener una mejor redistribución.

Aún con estos limitantes y siguiendo los lineamientos de numerosos autores, sería muy conveniente equiparar el precio actual del parqueadero por lo menos con lo que cuesta una tarifa mínima de taxi, \$ 4.500, en el sentido de que a un individuo de la universidad le signifique más incurrir en costos de combustible y parqueadero que viajar en taxi hacia la universidad.

## **5.2. ESTRATEGIA VÍA CANTIDAD**

Actualmente la universidad replica la medida del pico y placa al interior de sus parqueaderos para disminuir la demanda efectiva de parqueaderos vía cantidad. La medida del pico y placa restringe el ingreso a los parqueaderos de la universidad a aquellos vehículos que se encuentran en su día de pico y placa en la ciudad de Medellín. Este sistema de control se asemeja a la implementación de cuotas sobre los días de uso. Las cuotas suelen ser usadas como una herramienta de política comercial para impedir el ingreso masivo de ciertos productos imponiendo una restricción a la cantidad de estos que pueden ingresar, así en el caso de la universidad al replicar el pico y placa de la ciudad se impone una cuota en el número de días hipotético que una persona puede traer su automóvil a la universidad.

Autores como Gonzalez (2009), han coincidido en criticar el corto efecto positivo que tiene esta medida y es precisamente esto lo que influye indirectamente a un aumento del parque automotor, siendo las clases medias-altas los principales consumidoras de uno o dos vehículos adicionales para suplir sus necesidades de transporte los días de pico y placa; precisamente los individuos de la universidad EAFIT se caracterizan por pertenecer en su mayoría una clase social media-alta, lo que agudiza aún más el fenómeno de usar otro carro para evitar la medida. Según los datos, el promedio de carros por hogar, para las personas que viven en sector del poblado fue de 2.5 carros por hogar, mientras que para el resto de los barrios fue 2.07.

Los resultados del modelo confirman que la medida del pico y placa actualmente no tiene ningún efecto significativo como estrategia para gestionar la demanda y disuadir a los estudiantes de usar sus vehículos, puesto que un individuo de un hogar con más autos posee una probabilidad mayor de usar el parqueadero en vigencia del pico y placa. Por tal razón se puede decir que la medida del PyP está teniendo un efecto contraproducente porque las personas podrían entrar a la universidad usando un vehículo diferente de acuerdo a la situación.

De esta manera, se daría a entender que el problema de la universidad es más de focalización, que de cantidad, ya que ese resultado indica que en pico y placa los individuos están dispuestos en un alto porcentaje a asumir costos más altos de manera directa (como llevar otro carro) o de manera indirecta (como compartir vehículo y pagar un precio más alto que lo que cuesta ir en bus, taxi, metro o bicicleta), esto teniendo en cuenta sus preferencias por el transporte privado sobre el transporte público.

### **5.3. ESTRATEGIA TEÓRICA DE APLICACIÓN TEORÍA DE JUEGOS**

A continuación se presenta el diseño de un juego expresado como un árbol de decisión, esta representación busca complementar la modelación econométrica a través del análisis básico de un juego. En este escenario, un individuo se enfrenta a la decisión de llevar o no su carro a la universidad EAFIT y solo cuenta con un solo vehículo en su hogar.

La naturaleza del juego parte de la posibilidad de estar en Pico y Placa (PyP) y no estar en PyP. El porcentaje alfa que tiene pico y placa (PyP) no puede ingresar a la universidad, así que se enfrenta a la decisión de llevar o no su carro, teniendo en cuenta esta restricción. Si no tiene PyP lleva su carro y parquea sin problemas. Ir a la universidad caminando no es una opción posible (este es un supuesto algo fuerte, pero que ayuda a ilustrar mejor el modelo para el propósito que se busca), ya que fue descartada por seguridad y condiciones topográficas de la zona del poblado en Medellín.

Si decide llevar el carro estando en PyP el individuo deberá pagar un parqueadero externo para estacionar su vehículo, a un costo significativamente mayor. Si decide no llevar su carro, este porcentaje de población tiene dos opciones de elección: (i) utilizar el transporte público (Que puede generar una utilidad menor en términos de tiempos de espera y percepción de inseguridad) o (ii) una opción que consiste en una solución cooperativa, que se denominará como “alternativa X”.

Esa alternativa depende de la utilidad que le genere al individuo ir en carro, aun sabiendo que tiene que incurrir en un costo más alto. El costo del transporte público y la probabilidad que se encuentre en PyP o no, entonces si esa persona está en PyP el hecho de que esta persona intente utilizar esa alternativa va a depender de que tanto cambia la utilidad si elige una u otra opción. En este sentido, se dice que la alternativa X es una solución cooperativa pues le permite al individuo tener dos opciones adicionales:

Decidir llevar su vehículo a la universidad y pagar parqueadero privado, luego de hacer un proceso de matching (pareo) en el que encuentra al menos una persona que comparte su ruta de desplazamiento y que también está en pico y placa.

Buscar compartir el vehículo con otra persona que tome la iniciativa de llevar su carro en pico y placa y compartir los gastos (Alguien que se anticipe con la opción 1) o incluso buscar una persona que no tenga pico y placa para compartir su vehículo y disminuir mucho más sus costos.

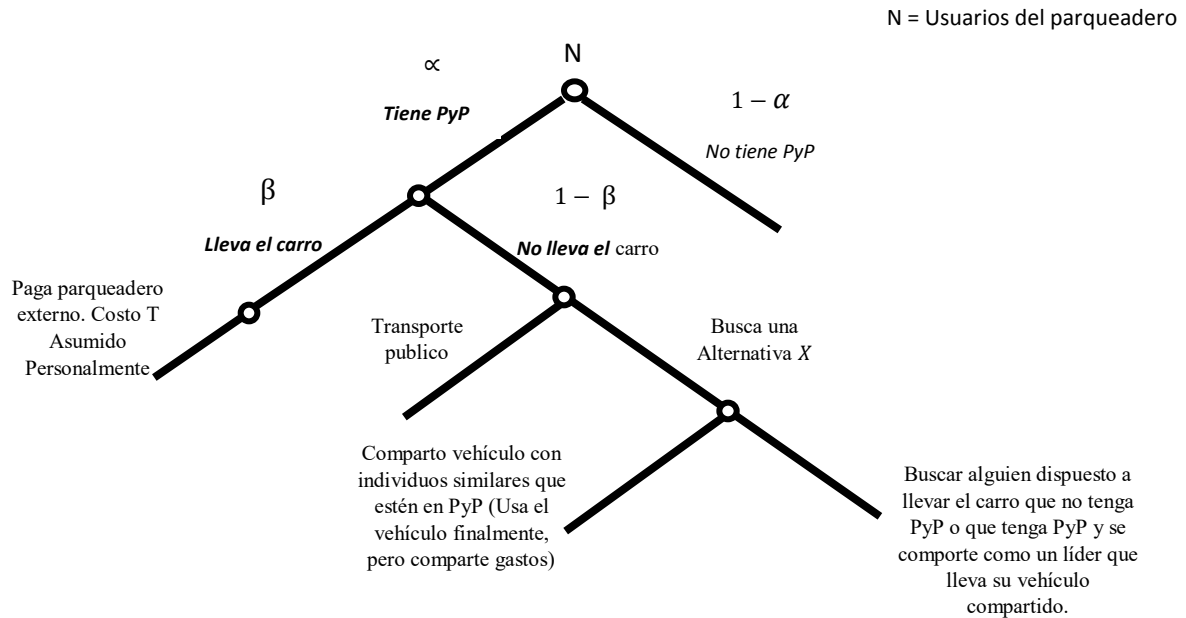
El hecho de que pueda elegir alguna de estas dos opciones depende de qué tan compatibles pueden ser dos individuos que se encuentren en pico y placa y necesiten desplazarse a la universidad. Esta compatibilidad se puede medir teniendo en cuenta la proporción de

personas que viven en el mismo barrio, comparten la misma ruta, y que incluso estudian la misma carrera (teniendo en cuenta que esto facilita la cooperación a través de la comunicación y la confianza).

En este sentido, se puede pensar en estimar un modelo econométrico en el que la variable dependiente sea una variable dicotómica que incide si las personas llevan su carro o no cuando tienen pico y placa; de modo que esta acción dependa de un número de variables explicativas independientes que se describirán más adelante, y de la similitud de la persona con los demás individuos que se desplazan en vehículo hacia la universidad.

Dado que por ahora el esquema de carpooling no se ha implementado en la universidad, es de esperarse que el coeficiente de la variable indicadora de similitud de los individuos sea negativo o no significativo, pues en ausencia de carpooling estos individuos van a decidir asumir el costo más alto (llevar el vehículo sin importar el costo o la posibilidad de compartir con otros compañeros); y es precisamente esta idea la que abre la posibilidad de que un esquema de carpooling puede ser eficiente en términos de disminución de costos sociales, o dicho de otra manera, en términos de incremento del bienestar social, pensado desde el punto de vista de un equilibrio de Nash en el que el óptimo individual está sujeto a las estrategias óptimas de los demás individuos (en este caso particular, el óptimo individual de los individuos en pico y placa puede coincidir con el de otros individuos similares que también lo estén, y de esta manera se genera el equilibrio de Nash).

Figura No. 1: Árbol de decisiones buscando una alternativa X



Fuente: Elaboración propia.

La alternativa X, podría ser el carpooling, estos individuos lo pueden ejercer de dos maneras; conseguir individuos similares, que estén en la misma situación de ellos y llevar su carro y convertirse en individuos que parquean con costo, pero compartir el costo, en tiempo y en precio.

$$U(\text{Carro} = 1 \mid \text{costo parqueo}) > U(\text{carro} = 0 \mid \text{costo transporte público})$$

La otra alternativa es buscar a alguien que esté dispuesto a llevar el carro o alguien que no tenga PyP. Esta sería una estrategia óptima en la cual los usuarios buscarán a alguien que no tenga PyP que los pueda llevar.

Sabemos que hay unas personas que van a llevar el carro en PyP y sabemos que hay unas personas que se parecen más o se parecen menos, en términos del barrio, ruta y carrera, si los individuos son muy parecidos en términos de las variables, el individuo no lleva el carro en PyP y busca otra alternativa.

## 6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos por la modelación econométrica muestran evidencia de que es posible mejorar la asignación de los parqueaderos frente a una demanda superior a la oferta. Esto teniendo en cuenta todos los análisis y las estimaciones realizadas para conocer el perfil del usuario o grupo poblacional con determinadas características que están más propensos a utilizar su automóvil para ir a la universidad y del mismo modo los que son más propensos a llevar el carro bajo la medida del PyP, por tal razón se debe tener en cuenta que todas las políticas y medidas que se tomen para disminuir el exceso de demanda deben estar enfocadas hacia estos grupos de usuarios.

Se sugiere además que las medidas se enfoquen en aquellos estudiantes que poseen más de un automóvil, ya que estos muestran una propensión significativamente mayor a hacer uso de los espacios aun en vigencia de medidas restrictivas. Una percepción positiva del transporte público muestra un efecto significativo en la reducción del uso de espacios lo cual indica que reforzar y mejorar la percepción del transporte público entre los estudiantes podría ser una estrategia efectiva para enfrentar una demanda superior a la oferta.

Las estimaciones sugieren que aquellas personas que poseen una disposición mayor a pagar por los espacios, son aquellas que efectivamente son más propensos a usarlos durante la vigencia de una medida restrictiva, de esta forma se puede sugerir que las medidas tomadas se enfoquen también en este grupo vía precios.

Finalmente, es importante tener en cuenta que en el análisis de datos realizado existe un porcentaje importante de personas que tienen el mismo origen, cerca del 40% de la muestra procedían del poblado, siguiendo las recomendaciones del árbol de decisiones, se debe aprovechar estas coincidencias para crear herramientas que permitan a los usuarios del parqueadero compartir su vehículo, en especial aquellos que tiene características similares; la utilización de una aplicación móvil para obtener información perfecta de puntos de orígenes de viajes y horarios, permitiría a la universidad dar incentivos a aquellas personas que compartan su carro de manera regular y así mismo, apostar por una movilidad sostenible con menos demanda de infraestructura de parqueo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, S. P., & de Palma, A. (2004). The economics of pricing parking. *Journal of Urban Economics*, 55(1), 1-20.
- ANDICOM (2014). Uber busca competencia en Colombia. Tomado de <http://andicom.co/uber-busca-competencia-en-colombia/>
- Combes, P. P. y Miren, L. (2005). Transport costs: measures, determinants and regional policy implications for France. *Journal of Economic Geography*, 5(3), 319-349.
- Cowan, S. (2002). Price-Cap Regulation. *Swedish Economic Policy Review*, 9, 167-188.
- De Boger, B., Kerstens, K. y Matthias, S. (2008). Transit costs and cost efficiency: Bootstrapping non-parametric frontiers. *Research in Transportation Economics*, 23(1), 53-64.
- Gonzalez, C.A. (2009). Estrategias tarifarias y desestimulación del uso del vehículo particular por medio del pico y placa en Medellín.
- González-Calderón, C. A., & Ordosgoitia, I. S. (2012). Análisis de la modelación de la distribución de viajes para diferentes categorías socioeconómicas en el Valle de Aburrá Analysis of trip distribution modeling for different socio-economic categories at the Valle. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (64), 115.
- Greene, W. H. (2003). *Econometric analysis*. Pearson Education India.
- Hall, J. D. (2013). Pareto improvements from lexis lanes: the case for pricing a portion of the lanes on congested highways. In *proceedings of the Kuhmo NECTAR Conference on Transportation Economics: Annual Conference of the International Transportation Economics Association*.
- Hollander, Y., & Prashker, J. N. (2006). The applicability of non-cooperative game theory in transport analysis. *Transportation*, 33(5), 481-496.
- Jimenez, Jose Fernando. (2015). Desmejoró la calidad del aire en Medellín durante el último año. Tomado de <http://minas.medellin.unal.edu.co/noticias/facultad/335-desmejoro-la-calidad-del-aire-en-medellin-durante-el-ultimo-ano>

- Matzkin, R. L. (1992). Nonparametric and distribution-free estimation of the binary threshold crossing and the binary choice models. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 239-270.
- Medellín Como vamos (2014). ¿cómo vamos en movilidad y espacio público?. Tomado de <http://www.medellincomovamos.org/movilidad-y-espacio-p-blico>
- Mendieta-Lopez, J. C., & Perdomo Calvo, J. A. (2008). *Fundamentos De Economía Del Transporte: Teoría, Metodología Y Análisis De Política* (Fundaments of Transportations Economics: Theory and Applications). Ediciones Uniandes.
- Nicholson, W., & Snyder, C. (2010). *Theory and application of intermediate microeconomics*. South-Western, Cengage Learning.
- Perdomo, J. A. y Ramírez, J. A. (2011). Análisis económico sobre el tamaño óptimo del mercado y ubicación de estaciones de transferencia para el manejo de residuos sólidos en Colombia. *Lecturas de Economía*, 75, 143-162.
- Pérez Ahumada, E. D. R., Ramos Almanza, D. C., & Vergara Schmalbach, J. C. A. (2007). Oferta y demanda de parqueos ubicados en el Centro Histórico de la ciudad de Cartagena de Indias DTH y C. Zona Centro, comprendida por el Parque de la Marina, La Avenida Venezuela y La Avenida Carlos Escallón (Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena).
- Rosenthal, Robert W. (1973), "A class of games possessing pure-strategy Nash equilibria", *International Journal of Game Theory* 2: 65–67
- Shoup, D. C. (1997). Evaluating the effects of cashing out employer-paid parking: eight case studies. *Transport Policy*, 4(4), 201-216.
- Train, K. (1980). A structured logit model of auto ownership and mode choice. *The Review of Economic Studies*, 357-370.
- Van Vugt, M., Meertens, R. M., Van Lange, P. A. M. (1995). Car versus public transportation? The role of social value orientations in a real-life social dilemma. *Journal of Applied Social Psychology*, 25. 258-278.
- Varian, H. R. (1999). *Intermediate microeconomics: a modern approach*.
- Verhoef, E., Nijkamp, P., & Rietveld, P. (1995). The economics of regulatory parking policies: the (im) possibilities of parking policies in traffic regulation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 29(2), 141-156.



- Wardrop, John. (1952). Some theoretical aspects of road traffic research. Tomado de <http://www.its.uci.edu/~yangi/papers/Wardrop.1952.pdf>

## 8. ANEXOS

La siguiente tabla agrupa el 74% del total de la muestra, este porcentaje corresponde a los orígenes y vías utilizadas más significativos, con una alta frecuencia, agrupados por zonas para un mejor análisis.

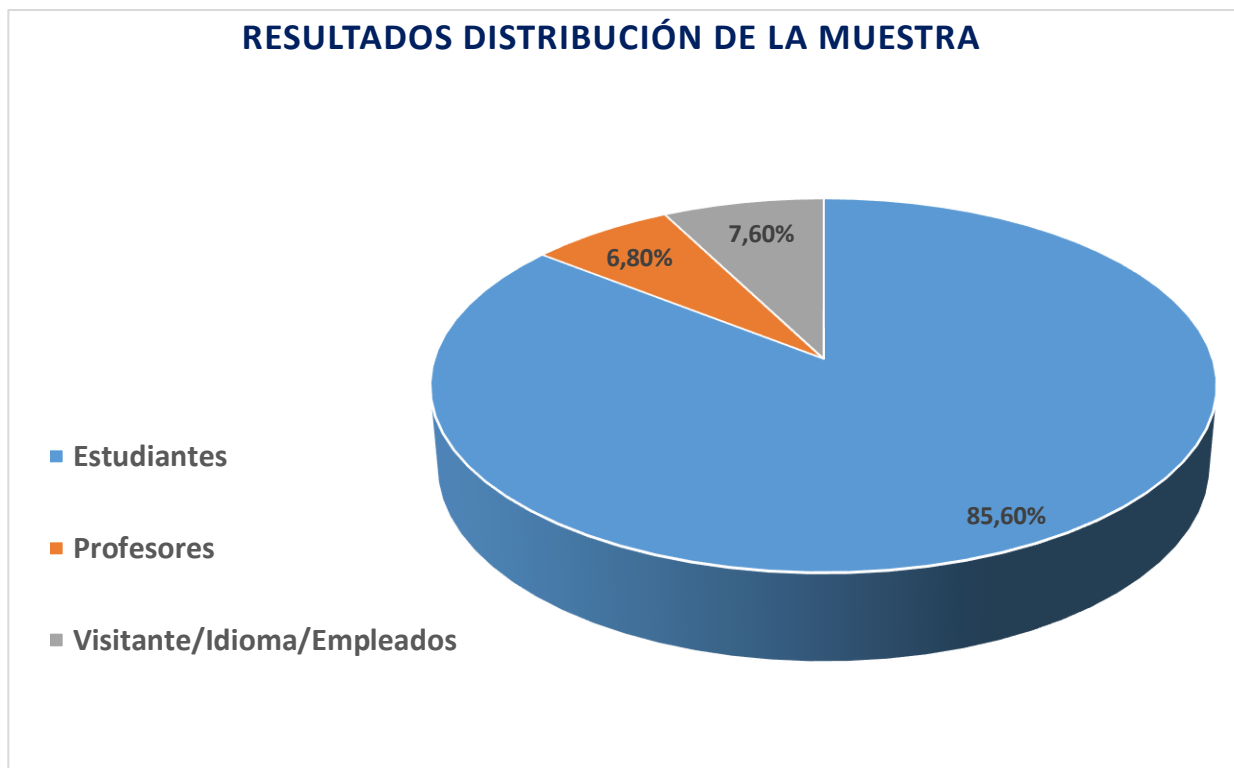
Anexo No. 1: Grupos poblacionales según orígenes y vías más utilizadas durante su recorrido hacia la universidad EAFIT

|   | AUTOPISTA | AV POBLADO | GUAYABAL | LA 10 | LA 30 | LA 33 | LA 34 | LA 80 | LA INFERIOR | LAS VEGAS | LOS BALSOS | PALMAS | SAN JUAN | TOTAL  |
|---|-----------|------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|-----------|------------|--------|----------|--------|
| <b>Grupo 1</b> (Poblado, Castropol, Zuñiga, Aguacatala, Las palmas, Los balsos, San Lucas,) | 3.8%      | 6.0%       | 0.0%     | 7.1%  | 0.0%  | 0.0%  | 7.6%  | 0.0%  | 3.3%        | 14.1%     | 3.8%       | 3.8%   | 0.0%     | 49.5%  |
| <b>Grupo 2</b> (Laureles, Estadio, Los Colores, Conquistadores, Calazans, Floresta)         | 3.3%      | 0.5%       | 2.7%     | 0.0%  | 0.0%  | 2.2%  | 0.0%  | 0.0%  | 0.0%        | 0.0%      | 0.0%       | 0.0%   | 4.3%     | 13.0%  |
| <b>Grupo 3</b> (Envigado, Sabaneta, La estrella)  | 9.2%      | 0.0%       | 0.0%     | 0.0%  | 0.0%  | 0.0%  | 0.0%  | 0.5%  | 0.0%        | 9.8%      | 0.0%       | 0.5%   | 0.0%     | 20.1%  |
| <b>Grupo 4</b> (Belen, Loma de los Bernal, La Mota)   | 0.5%      | 0.0%       | 0.0%     | 0.0%  | 2.2%  | 0.0%  | 0.0%  | 8.7%  | 0.0%        | 0.5%      | 0.0%       | 0.0%   | 0.0%     | 12.0%  |
| <b>Grupo 5</b> (Centro, Boston, Alpujarra, Buenos Aires, Campo Valdes, Prado, Sevilla)      | 3.8%      | 0.0%       | 0.0%     | 0.0%  | 0.0%  | 0.0%  | 0.5%  | 0.0%  | 0.0%        | 1.1%      | 0.0%       | 0.0%   | 0.0%     | 5.4%   |
| <b>TOTAL</b>  | 20.7%     | 6.5%       | 2.7%     | 7.1%  | 2.2%  | 2.2%  | 8.2%  | 9.2%  | 3.3%        | 25.5%     | 3.8%       | 4.3%   | 4.3%     | 100.0% |

Fuente: Elaboración propia utilizando la base de datos de la encuesta.

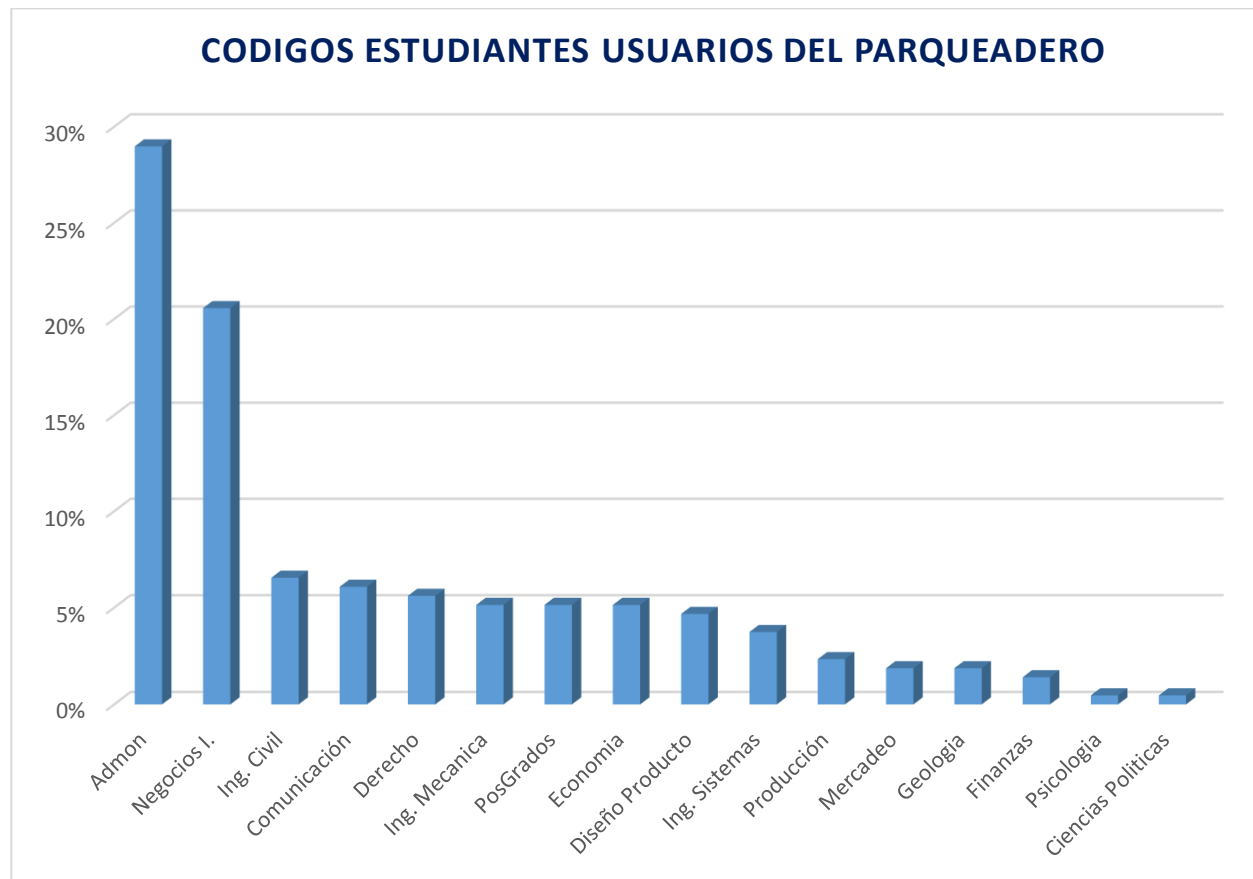
El siguiente gráfico muestra, cuales son los estudiantes (86% de la muestra) que más usan el parqueadero de la universidad, siendo los estudiantes de administración de negocios (001) los que más hacen uso de este, seguidos por los estudiantes de Negocios Internacionales (002).

Anexo No. 2: Distribución de la muestra hecha en la encuesta



Fuente: Elaboración propia utilizando la base de datos de la encuesta.

Anexo No. 3: Distribución de estudiantes según la carrera que cursa



Fuente: Elaboración propia utilizando la base de datos de la encuesta.